Recherches sur la productivité des hêtraies d'Ardenne en relation avec les types phytosociologiques et les facteurs écologiques (*)

par

Pierre DAGNELIE

PREMIERE PARTIE

RECHERCHE D'UN CRITERE DE STATION UTILISABLE DANS LES HETRAIES D'ARDENNE

INTRODUCTION

« La production forestière dépend de la station et du mode de traitement, donc de deux groupes de facteurs, l'un naturel, l'autre dicté par l'homme » (Etter 1949) (**). Selon que l'intervention humaine a maintenu ou a modifié sensiblement les qualités intrinsèques d'une station forestière, nous parlerons de sa *productivité naturelle* ou de sa *productivité artificielle*. D'après cette définition, la production naturelle n'est donc pas « celle de la forêt vierge, mais bien le rendement des futaies éclaircies, d'un développement normal, dont la composition est celle de la forêt en place, donc la production de forêts gérées, où cependant les phénomènes vitaux et leur corrélation jouent comme dans la forêt naturelle » (Ibid.). Ainsi définie, la productivité naturelle et la productivité artificielle correspondent sensiblement aux appellations

(*) Mémoire présenté pour l'obtention du grade d'Ingénieur agronome (groupe Eaux et Forêts).
(**) Renvoi à l'index bibliographique de la première partie (page 279).

utilisées par Wiedemann (1950-1951), à savoir : *productivité potentielle* et *productivité actuelle* de la station (*).

« Dans une sylviculture réglée, la *détermination de la productivité de la station* est indispensable puisqu'elle est la condition nécessaire de tous les calculs forestiers de la production et de la rentabilité ; car, c'est seulement lorsqu'on connaît la fertilité du lieu, qu'il est possible de déterminer l'essence, la révolution, le traitement sylvicole qui sont les plus rémunérateurs ; ce sont là des questions d'une importance capitale, non seulement du point de vue de l'économie privée, mais aussi de celui de l'économie publique » (Cajander 1943). Nous appellerons *critères de station* (ou critères de productivité, ou, aussi, critères de fertilité) certaines caractéristiques simples du peuplement ou de la station qui permettent de déterminer, avec une exactitude et une précision suffisantes, la productivité stationnelle (naturelle ou artificielle).

Dans le cas des forêts ardennaises à base de hêtres, souvent modifiées par l'homme, la productivité potentielle (ou naturelle) est difficile, sinon impossible à estimer ; une telle estimation serait d'ailleurs dépourvue d'intérêt immédiat. Par contre, la connaissance de la productivité actuelle (ou artificielle) et des modifications qu'elle peut subir serait très utile au forestier, tant du point de vue pratique (aménagement et gestion) que du point de vue théorique (étude de la biocénose forestière).

Le but auquel ce travail s'efforce de parvenir est d'enrichir nos connaissances relatives à la *productivité actuelle des hêtraies d'Ardenne*. Voici, rapidement esquissé, le plan de nos recherches :

Parmi les nombreux critères de station proposés dans la littérature, nous avons choisi une méthode susceptible de donner des résultats intéressants (Première partie).

Quatre-vingts stations localisées sur le terrain ont été étudiées au triple point de vue de leur écologie, de leur couverture végétale et de leur productivité, estimée à l'aide de ce critère de station, adapté aux conditions des hêtraies d'Ardenne. (Deuxième partie) (**). En se basant sur les résultats obtenus dans ces stations, il est possible d'estimer la fertilité des différents groupements végétaux et d'étudier la signification de ces groupements au point de vue de la productivité des peuplements forestiers. (Troisième partie) (**).

(*) « Die Standortsgüte ist die Zusammenfassung aller Eigenschaften von Klima, Lage und Boden, welche die Fruchtbarkeit eines Standortes bedingen. Die Fruchbarkeit wird nicht durch die dauernden Eigenschaften des Standortes beeinflusst, sondern auch durch die Behandlung des Bodens, die unter Umständen (z. B. Streunutzung, Düngung) einen sehr erheblichen Einfluss gewinnen kann. Daher unterscheidet man die augenblickliche oder aktuelle Standortsgüte, welche der Standort augenblicklich unter dem Einfluss dieser Faktoren hat, und die potentielle Standortsgüte, welche der Standort unter « normalen » Verhältnissen bei Ausschaltung solcher menschlicher Eingriffe haben würde. »

(**) La deuxième et la troisième parties paraîtront ultérieurement dans ce Bulletin.

REMERCIEMENTS

Que toutes les personnes qui nous ont aidé dans l'élaboration du présent travail trouvent ici l'assurance de notre bien sincère gratitude :

nos Professeurs à l'Institut agronomique de l'Etat, à Gembloux, qui n'ont pas manqué de nous dispenser leurs conseils éclairés;

les Ingénieurs du Centre de Cartographie phytosociologique et du Centre de Cartographie des Sols, dont nous avons à plusieurs reprises consulté les cartes ;

les Agents forestiers des cantonnements ardennais, qui nous ont aimablement communiqué tous les documents relatifs à la localisation des coupes et à la production des peuplements, et les Agents de la Station de Recherches des Eaux et Forêts, à Groenendael, qui nous ont aidé dans nos recherches bibliographiques ;

et le Personnel de l'Administration des Eaux et Forêts, qui nous a guidé plusieurs fois dans notre travail sur le terrain.

PLAN DE LA PREMIERE PARTIE

A. LES CRITERES DE STATION : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET CRITIQUE

I. Méthodes directes

Principe

La production est estimée directement en volume de matière ligneuse et on considère comme critère de station soit le volume total produit à un âge donné, soit l'accroissement annuel moyen total à cet âge de référence (*).

a. LES CLASSES DE PRODUCTIVITE

(Boudru 1954 - Prodan 1951 - Wiedemann 1950-51)

1. Méthode initiale (Méthode des bandes)

1° La division en classes de productivité est basée sur l'étude de la croissance en volume de *peuplements purs, équiennes et de densité normale,* dans un certain domaine de croissance (Wuchsgebiet), où l'essence considérée réagit de manière suffisamment uniforme aux conditions écologiques.

On considère un grand nombre de stations répondant à ces conditions et on représente graphiquement chacune d'entre elles par un point localisé en fonction de l'âge du peuplement, en abscisses, et du volume total produit (p.p. + p.i.), en ordonnées (fig. 1). Deux courbes de croissance (A et F) sont tracées de manière à englober pratiquement tous les points du graphique ; aux différents âges, l'intervalle compris entre ces courbes est divisé en plusieurs parties égales ; les différentes bandes ainsi délimitées par un faisceau de courbes (B, C, D, E) correspondent chacune à une *classe de productivité ;* des courbes médianes caractéristiques de chaque classe sont également tracées (I, II, III, IV, V). Le graphique obtenu est dit « en queue de comète ».

Généralement on détermine cinq classes de productivité, numérotées de I à V, la classe I étant la meilleure ; l'âge de référence, pour lequel on établit le volume total produit, est de 100 ans.

2° Sur le graphique en queue de comète, il est possible de repérer la production théorique d'un peuplement d'une classe déterminée, à un âge donné. En se basant sur de semblables estimations et sur des mensurations effectuées dans des peuplements purs, équiennes et de densité

(*) Le volume du peuplement total (p.t.) comprend le volume du matériel sur pied (peuplement principal, p.p.) et le volume prélevé en éclaircie (peuplement intermédiaire ou accessoire, p.i.).

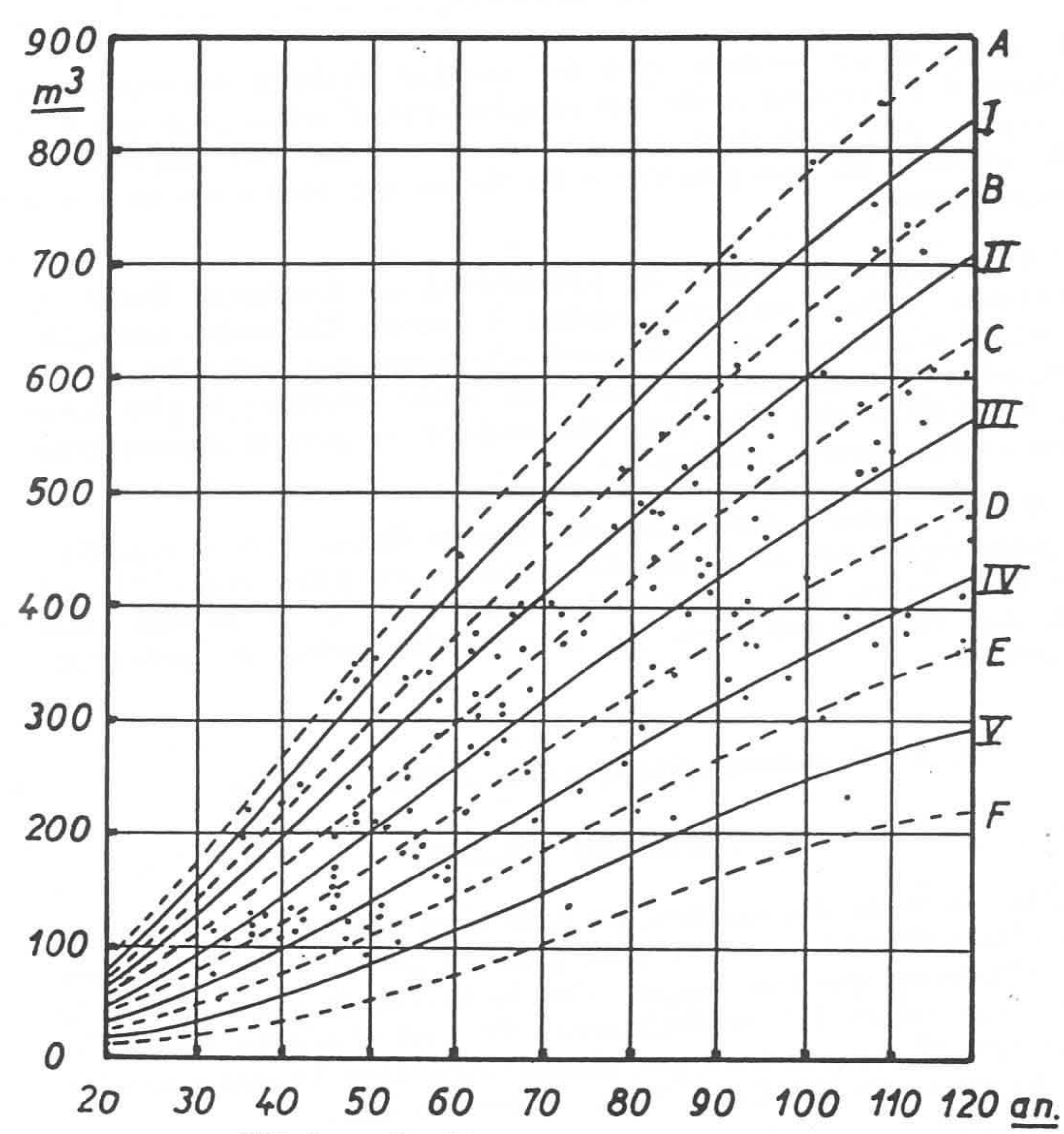


FIG. 1. — Graphique en queue de comète :
classes de productivité définies par la croissance en volume. (Extrait de Schaeffer, 1944)

normale, on définit les *caractéristiques normales* des peuplements de l'essence considérée : nombre de bois à l'hectare, diamètre moyen, hauteur moyenne, surface terrière, accroissement annuel courant, accroissement annuel moyen, etc., ces valeurs étant données pour le peuplement principal, pour le peuplement intermédiaire et pour le peuplement total. L'ensemble des caractéristiques normales, à différents âges (de 5 en 5 ans ou de 10 en 10 ans) et pour les diverses classes de productivité d'une essence, constitue des *tables de productivité.*

2. Critique de la méthode initiale

(Cajander 1926 et 1943 — Schaeffer 1944)

1° La méthode est claire et relativement simple dans son principe, mais la détermination des classes de productivité et de leurs caractéristiques normales est longue et difficile.

2° Il n'est pas certain que les courbes établies correspondent exactement à l'évolution réelle des peuplements, d'autant plus que leur tracé repose principalement sur les caractéristiques des stations de fertilité extrême, les plus pauvres et les riches, qui sont aussi les moins bien représentées.

3° Le nombre de classes de productivité est forcément limité et, généralement, celles-ci ne correspondent à aucune distinction naturelle. En outre, il n'y a pas nécessairement correspondance entre les classes établies par différents auteurs pour une même essence ; à plus forte raison, la méthode des classes de productivité ne permet aucune comparaison entre essences différentes.

4° Il n'est possible d'assimiler aux normes établies que des peuplements purs, équiennes et de densité normale, et, pour ceux-ci, il est souvent difficile en pratique de déterminer l'âge et le volume total produit. *Les cas d'application de la méthode initiale se présentent donc rarement.*

3. Améliorations apportées à la méthode initiale

A) TRACE DES COURBES

1° Dans le tracé des courbes, on peut faire intervenir les données de toutes les stations : on trace, pour tous les points, une courbe centrale de régression que l'on suppose être la courbe de croissance de la classe médiane (classe III, généralement). De part et d'autre de celle-ci et à l'intervalle désiré, on trace par simple proportion les autres courbes (I et II au-dessus de III, IV et V en dessous de III).

Cette méthode est dite *anamorphique :* elle suppose que la croissance suit une marche parallèle dans toutes les stations, indépendamment de la fertilité, et notamment que l'accroissement annuel courant en volume, tout en atteignant des valeurs différentes d'une station à l'autre, se produit au même âge dans les cinq classes de productivité. Cette hypothèse peut difficilement être admise et il semble plus logique d'établir des courbes de croissance de type différant d'une classe de productivité à l'autre : ces courbes sont dites *polymorphiques* (BELYA 1931 - BRUCE 1923 et 1926 - BRUCE et SCHUMACHER 1950 - CHAPMAN et MEYER 1949).

Les courbes anamorphiques pourront toutefois être utilisées avantageusement au cours de travaux n'exigeant pas une précision élevée, ou relatifs à une faible amplitude d'âge, ou aussi lorsque les données sont trop peu précises ou trop peu nombreuses pour établir un système de courbes polymorphiques (BULL 1931).

2° En suivant l'évolution de peuplements de différents âges pendant une période suffisamment longue, on obtient des segments de courbes

à partir desquels il est possible d'établir avec plus de sécurité les courbes réelles de croissance (Méthode de Hayer) (CAJANDER 1926 et 1943).

B) NOMBRE DE CLASSES

WIEDEMANN (1936 et 1950-51) a scindé chaque classe en dix subdivisions, la classe III s'étendant par exemple de la productivité (II,5) à la productivité (III,4). Les cinq courbes médianes classiques caractérisent les productivités (I,0), (II,0), (III,0), (IV,0) et (V,0).

C) DENSITE

Il est possible de faire intervenir un *facteur de densité* permettant de comparer des peuplements de toute densité aux caractéristiques établies pour des peuplements normaux. Le facteur de densité est défini par la surface terrière (WIEDEMANN 1950-1951) ou par le volume (ERTELD 1953).

4. Utilisation de la méthode des classes de productivité

La méthode initiale a été décrite par Von Baur en 1877 (CAJANDER 1926 - SCHAEFFER 1944) ; au début de ce siècle, elle était déjà d'application courante en Europe centrale, où des tables de productivité ont été établies pour les principales essences forestières, indigènes et exotiques. Progressivement améliorée, la méthode des classes de productivité a été utilisée ultérieurement dans de nombreuses régions d'Europe et d'Amérique. Cependant, la définition des classes de productivité en fonction de la hauteur du peuplement (Höhenbonität) a rapidement supplanté la méthode classique basée sur le volume (Massenbonität) : dans les tables de FLURY (1907), les classes de productivité sont déjà établies en fonction de la hauteur moyenne du peuplement. Von Baur avait d'ailleurs compris la valeur de la croissance en hauteur comme critère de station (CAJANDER 1926 et 1943).

b. L'ACCROISSEMENT EN VOLUME

1. Pour les *futaies équiennes*, l'accroissement annuel moyen total en volume (p.p. + p.i.) à un âge donné est en relation simple avec le volume total produit et peut donc servir de critère de station (Philipp 1931). Cette méthode est identique à la méthode des classes de productivité basées sur le volume, quant à sa valeur et quant à ses conditions d'application.

L'accroissement annuel courant et l'accroissement périodique (ou moyen périodique) ne sont pas utilisables comme critères de station du fait de leurs variations en fonction de l'âge du peuplement.

2. Pour les *futaies jardinées*, l'accroissement annuel et l'accroissement périodique en volume sont les seuls critères directs de productivité. Dans les futaies aménagées par la méthode du contrôle, ces

caractéristiques sont connues et sont facilement utilisables pour établir un classement des stations. Par application des autres méthodes d'aménagement, la détermination en est très difficile, souvent même impossible : il faut en effet disposer de renseignements exacts et complets sur les prélèvements effectués et sur l'évolution de la richesse du peuplement au cours d'une période donnée.

II. Méthodes indirectes

Principe

La fertilité de la station est caractérisée par un critère quelconque, qualitatif ou quantitatif, qui est en relation étroite avec la production en volume. Le critère envisagé définit un certain nombre de niveaux de productivité pour chacun desquels il est possible d'estimer la production en volume.

Les *principales méthodes utilisées sont basées :*

1° sur l'étude quantitative du peuplement, principalement sur l'étude de la croissance en hauteur ;

2° sur l'étude floristique de la station, définissant des types forestiers ;

3° sur l'étude de facteurs écologiques, particulièrement sur l'étude de l'alimentation en eau.

a. METHODES BASEES SUR L'ETUDE QUANTITATIVE DU PEUPLEMENT

1. Etude de la hauteur

Principe

Il existe une relation simple et unique entre la hauteur et la production en volume, indépendamment du mode de traitement et, en première approximation, de la qualité de la station et de l'âge des arbres : *des peuplements ayant atteint la même hauteur,* dans des stations de toute fertilité, *ont produit sensiblement le même volume de matière ligneuse.* Cette constatation, déjà très ancienne, a été vérifiée par de nombreux auteurs. (Cf. p. 260).

Connaissant la hauteur d'un peuplement, il est donc possible d'en estimer la production. Si, en outre, on possède quelques renseignements sur son âge, on peut chiffrer la productivité de la station (*).

(*) Il est essentiel de ne pas confondre les notions de production et de productivité. La *production* est le volume total produit au moment où l'on considère le peuplement ; la *productivité* est caractérisée par le volume total produit à un âge de référence, ou par l'accroissement annuel moyen à cet âge.

I. METHODES FONDAMENTALES

A) HAUTEUR TOTALE MOYENNE DU PEUPLEMENT (*) (Höhenbonität)

Différentes définitions de la hauteur moyenne d'un peuplement ont été données : celles-ci sont plus ou moins intéressantes comme critères de station (FLURY 1907 - PRODAN 1951 - WIEDEMANN 1936 et 1950-1951).

1. *Moyenne arithmétique des hauteurs de tous les arbres*

Cette caractéristique dépend fortement du nombre et de la hauteur des tiges dominées et, de ce fait, du mode de traitement (type et intensité d'éclaircie). La moyenne arithmétique donne généralement l'estimation la plus faible de la hauteur moyenne. Elle ne constitue pas un critère de station suffisamment précis.

2. *Moyenne pondérée par la surface terrière*

Si on suppose constant le coefficient de forme, la hauteur moyenne est définie par la *formule de Lorey :*

$$H = \frac{g_1h_1 + \ldots + g_nh_n}{g_1 + \ldots + g_n} = \frac{\Sigma_i g_i h_i}{\Sigma_i \, g_i} \qquad \text{où } h_1, \ldots, h_n$$

sont les hauteurs des différents arbres et $g_1, \ldots, g_n$ les surfaces terrières correspondantes (surfaces de la section transversale de la tige, à hauteur d'homme).

Le calcul de la hauteur moyenne est généralement simplifié en considérant cinq groupes d'arbres constituant autant de catégories de diamètre. Ces groupes comprennent chacun soit un cinquième du nombre de bois, soit un cinquième de la surface terrière totale. Pour chaque groupe, les dimensions de la tige moyenne sont calculées : moyenne arithmétique de la surface terrière et moyenne arithmétique de la hauteur : la formule de Lorey est appliquée aux cinq couples de valeurs ainsi obtenues.

Pondérée de cette façon, la hauteur moyenne dépend moins des dominés (de surface terrière réduite), et donc du mode de traitement. Cependant la détermination en est relativement longue : elle nécessite un inventaire complet, en hauteur et en diamètre.

3. *Hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne sur la courbe hauteur/diamètre*

On trace la courbe de régression de la hauteur des arbres en fonction de leur diamètre, et on cherche sur ce graphique la hauteur

---

(*) D'une manière générale, on utilise de préférence comme critère de station la *hauteur totale* des arbres, et non la hauteur partielle jusqu'à une certaine recoupe (bois fort, première grosse branche, etc.) ; ces hauteurs partielles sont en effet délicates à définir et, surtout, difficiles à localiser en pratique.

de l'arbre correspondant à la surface terrière moyenne du peuplement (*) (Fig. 2).

Cette définition de la hauteur moyenne donne des estimations analogues à celles de la moyenne de Lorey, quoique souvent légèrement inférieures à celles-ci. D'après Schwappach, cité par Prodan (1951), la différence varierait de 0.3 à 1.5 mètre. Wiedemann (1936) considère qu'il n'existe pas de différence systématique entre ces deux estimations de la hauteur moyenne, dans le cas de peuplements éclaircis normalement par le bas. Pour des peuplements éclaircis par le haut, la différence entre la hauteur moyenne de Lorey et la hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne serait proche de 1 mètre.

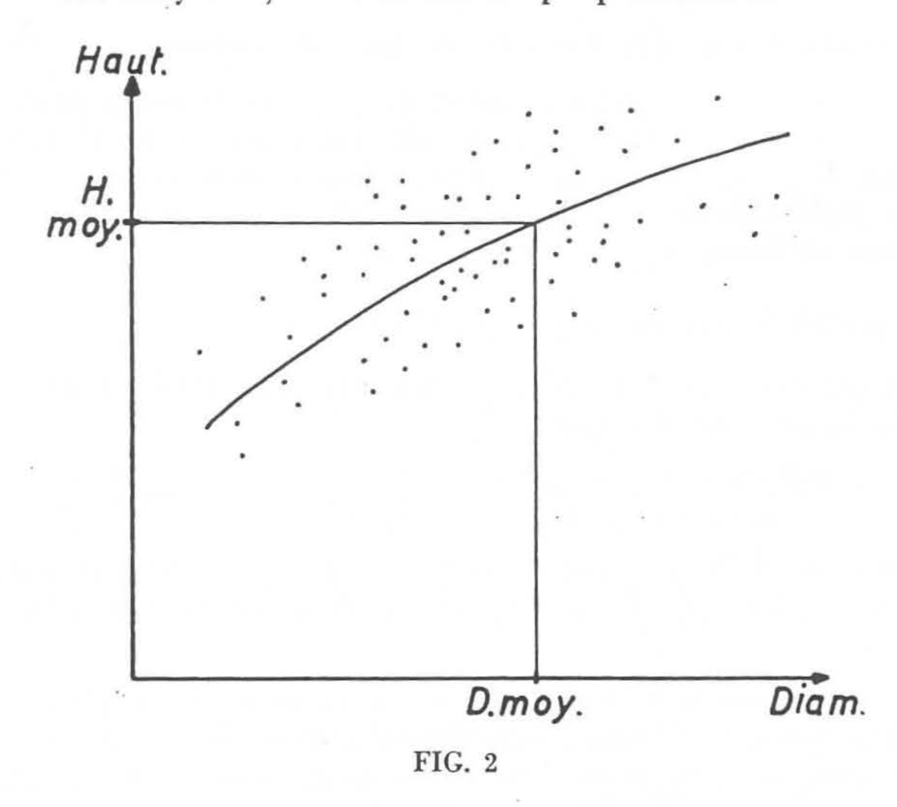


FIG. 2

Moyennant cette correction éventuelle, les deux estimations ont une valeur égale comme critère de station.

4° Autres définitions de la hauteur moyenne

D'autres définitions de la hauteur moyenne d'un peuplement forestier ont été proposées, mais elles sont plus rarement utilisées (PRODAN 1951 - WIEDEMANN 1936 - F.A. 12-3479) (**).

(*) Le diamètre moyen d'un peuplement (fig. 2) est généralement défini comme étant le diamètre de la tige de surface terrière moyenne (moyenne arithmétique de la surface terrière de tous les bois).

(**) Les références (F.A. ... .) renvoient à des résumés de publications parus dans la revue *Forestry Abstracts* ; le premier numéro est celui du volume contenant ce résumé, le second, celui du résumé lui-même, dans ce volume.

B) HAUTEUR TOTALE MOYENNE DES DOMINANTS ET CODOMINANTS

La méthode de l'*indice de station (site index)* proposée par les auteurs américains permet d'éliminer facilement l'intervention des tiges dominées dans le calcul d'un critère de productivité.

1° *Définition de l'indice de station*

L'indice de station est la *hauteur totale moyenne*, moyenne arithmétique exprimée généralement en pieds, *des arbres dominants et codominants à un âge de référence :* 50 ans pour les essences exploitées à courte révolution (résineux, le plus souvent), 100 ans pour les essences exploitées à longue révolution (feuillus et quelques résineux). Les dominants et codominants ont été définis par un Comité de la Société des Forestiers américains (BRUCE et SCHUMACHER 1950 - CHAPMAN et MEYER 1949 - MUNNS et al. 1926 - SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS 1917) (*).

Certains auteurs considèrent comme indice de station uniquement la hauteur totale moyenne des arbres dominants.

2° *Détermination des indices de station*

On détermine graphiquement les valeurs de l'indice de station en procédant de la même manière que pour les classes de productivité (Fig. 1, p. 253) : sur le graphique de la hauteur totale des dominants et codominants, en ordonnées, en fonction de l'âge, en abscisses, on représente par un point les différentes stations étudiées, l'âge et la hauteur moyenne étant déterminés à partir de 5 ou 10 arbres dominants ou codominants. On considère les variations de la hauteur à l'âge de référence, et on divise l'intervalle entre les valeurs extrêmes en plusieurs bandes, généralement de 10 en 10 pieds. Comme dans la méthode des classes de productivité, on établit les courbes de croissance aux limites des bandes et en leurs points médians (**).

Tous les points situés dans une même bande sont supposés appartenir à une même catégorie de fertilité, représentée par son indice de station, c'est-à-dire par la valeur du point médian de la bande à l'âge de référence.

3° *Classes d'indice de station*

Les indices de station peuvent être regroupés en classes dont les limites s'échelonnent de 20 en 20 ou de 30 en 30 pieds. En définissant ainsi quelques classes d'indice de station, les auteurs américains se sont

(*) *Dominants* = « trees with crowns extending above the general level of the forest canopy and receiving full light from above and partly from the sides ; larger than the average trees of the stand and with crowns well developed but possibly somewhat crowded on the sides ». *Codominants* = « trees with crowns forming the general level of the forest canopy and receiving full light from above but comparatively little from the sides ; usually with medium sized crowns more or less crowded on the sides ».

(**) Ici également sont applicables des méthodes anamorphiques et des méthodes polymorphiques (Cf. p. 254).

rapprochés de la méthode européenne des classes de productivité (CHAPMAN et MEYER 1949 - MC ARDLE et al. 1930 - SHOW 1925).

PRODAN (1951) a souligné, en envisageant la hauteur moyenne du peuplement, une distinction analogue à celle existant entre l'indice de station et les classes d'indice de station : il parle de « *absolute Höhenbonität* » lorsque les hauteurs moyennes sont exprimées par leurs valeurs numériques, comme l'est aussi l'indice de station, et de « *relative Höhenbonität* » lorsque les valeurs de hauteur moyenne sont groupées en classes, correspondant généralement aux cinq classes de productivité.

C) ESTIMATION DE LA PRODUCTION

1° *Lorsqu'il existe des tables de productivité,* on peut, par l'étude de la croissance en hauteur, situer un peuplement dans l'échelle des classes de productivité. Les caractéristiques normales du peuplement, notamment sa production totale en volume, sont alors connues.

2° *En l'absence de tables de productivité,* il est possible d'estimer directement la production en considérant la relation liant le volume d'un peuplement à sa hauteur. Dans leurs premiers travaux, les forestiers de l'Europe centrale ont considéré la hauteur moyenne (moyenne de Lorey, généralement) et le volume du peuplement principal. EICHHORN (1904) a montré que pour le hêtre et le sapin argenté la relation liant ces deux éléments est pratiquement indépendante de la productivité de la station. Quelques années plus tard, FLURY (1907) a établi la relation graphique et la relation numérique pour l'épicéa, la relation numérique seulement pour le hêtre, entre la hauteur moyenne et le volume du peuplement (fig. 3).

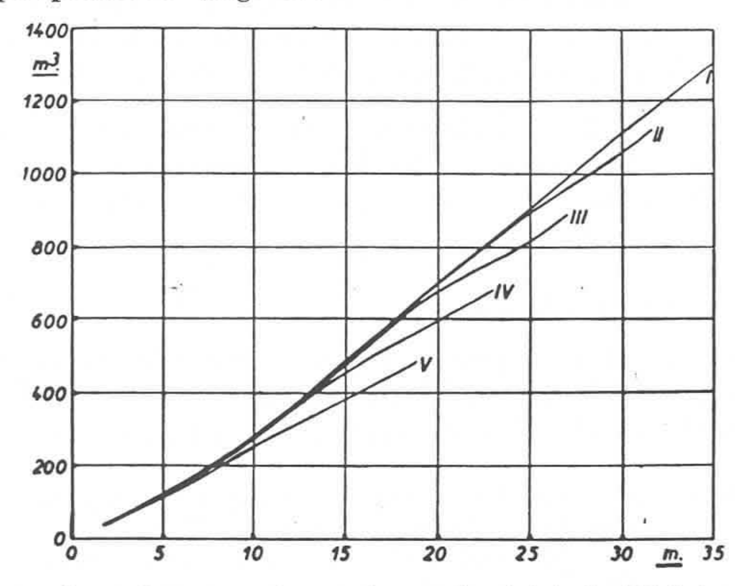


FIG. 3. — Dans les cinq classes de productivité de l'épicéa, relation entre la hauteur moyenne et le volume du peuplement. (Extrait de Flury, 1907)

Plus récemment, ETTER (1949) a étudié la liaison existant entre la hauteur totale du peuplement dominant (Oberhöhe) et le volume

total produit (p.p. + p.i.). Graphiquement, il apparaît que les points représentant 247 mesures effectuées dans 39 parcelles de hêtraies sont remarquablement groupés en une bande étroite (fig. 4). Numériquement, les parcelles ont été réunies en catégories de hauteur, de mètre en mètre, et, pour chacune de celles-ci, la production moyenne et sa variation ont été calculées. Deux courbes ont été ajustées : l'une graphiquement, l'autre suivant la loi exponentielle suivante :

$V = 5.2549\ H^{1.4952}$ ou $\log V = (1.4952 \log H) + 0.72056$, V étant le volume produit, en m³, et H la hauteur totale des dominants, en mètres. Pour chaque catégorie de hauteur, les valeurs de la production

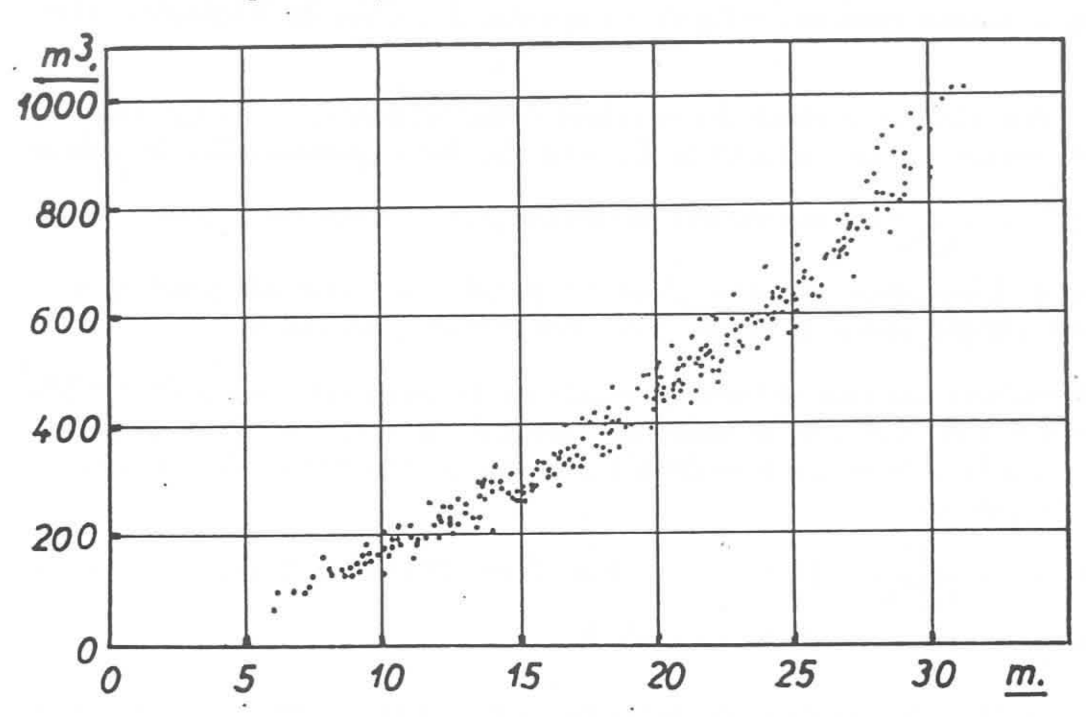


FIG. 4. — Relation graphique entre la hauteur totale du peuplement dominant et le volume total produit, dans les hêtraies suisses. (Extrait de Etter, 1949)

ont été estimées à l'aide de ces relations et les écarts-types calculés autour des valeurs estimées. Il apparaît que pour des hauteurs supérieures ou égales à 15 mètres, l'écart-type de la valeur estimée est inférieur ou égal à 9 % de la production réelle moyenne. Cela signifie que, *connaissant la hauteur des dominants, le volume produit par le peuplement peut être estimé avec une erreur moyenne inférieure à 6 %*, si on admet que les variations de production sont distribuées dans chaque catégorie de hauteur suivant la loi normale des erreurs (courbe en cloche, de Gauss).

D'une manière plus théorique, il ressort de l'examen des tables de productivité que, à hauteurs moyennes égales, la production de peuplements très âgés est plus grande que la production de peuplements notablement plus jeunes, mais de fertilité supérieure (tableau 1). Soulignons cependant que, contrairement à ETTER, nous considérons ici la hauteur moyenne du peuplement (moyenne de Lorey) et que la

différence entre celle-ci et la hauteur des dominants n'est pas nécessairement constante.

Classes de productivité	I	II	III	IV	V
Hauteur	23,0	23,0	23,0	23,0	—
Age	63	77	98	132	—
Volume produit . . .	421	455	500	546	—

TABLEAU 1

Relation entre les classes de productivité du hêtre, l'âge des peuplements et le volume produit, à hauteur constante. (D'après les données des tables de Wiedemann, 1949)

ETTER (Ibid.) a tenté de préciser cette influence de l'âge (a) sur la production en substituant à H, dans la loi exponentielle, la valeur $H\left(1 + \frac{a}{1000}\right)$, expression proposée par SCHWAPPACH pour le pin sylvestre. L'équation obtenue ainsi ne paraît pas plus adéquate que la relation simple entre V et H, pour estimer la production.

Se basant sur une théorie générale de la croissance, GALOUX (1954a et 1954b) a reconsidéré la relation envisagée par ETTER. Pour le hêtre, la loi liant le volume du bois de fût à la hauteur moyenne des dominants serait la suivante :

$$V = \frac{1}{1.853} H^{2.1471} \quad \text{ou} \quad \log V = (2.1471 \log H) - 0.26788$$

ou, approximativement, $V = 0.55\ H^2$.

D) VALEUR DES METHODES BASEES SUR L'ETUDE DE LA HAUTEUR

1° Influence du mode de traitement sur la croissance en hauteur

L'utilisation de la hauteur comme critère de station suppose notamment que *la croissance en hauteur est pratiquement indépendante du mode de traitement.* Cette hypothèse, généralement admise, est cependant discutée par certains forestiers.

Pour le hêtre, elle semble être confirmée par plusieurs études consacrées à la comparaison de différents modes et degrés d'éclaircie, notamment par FLURY (1903) et DIETERICH (1924-25). D'après BADOUX (1939), seules les éclaircies d'intensités extrêmes (nulle ou très forte) pourraient causer des différences de hauteur, toutes autres conditions étant égales. Dans les hêtraies danoises, BORNEBUSCH (1943) considère que « la croissance en hauteur des arbres dominants du peuplement n'est en général pas influencée par l'éclaircie ». Pour DELEVOY (1949a),

les différences observées en Forêt de Soignes paraissent, « sinon indépendantes du mode d'éclaircie, du moins peu significatives ».

WIEDEMANN (1950-51) a établi que la différence de hauteur due à une différence de traitement peut atteindre 1 à 3 mètres dans le cas du hêtre, du chêne et du pin sylvestre. Toutefois, cette différence diminue fortement lorsque l'on considère des peuplements de plus en plus âgés.

Parmi les différentes tables de productivité relatives au hêtre, seules celles de GEHRHARDT (1930a et 1930b) font intervenir le degré d'éclaircie comme facteur de la croissance en hauteur. Se prononçant dans le même sens, ASSMANN (1949) critique sévèrement l'opinion généralement admise, tendant à considérer la croissance en hauteur comme indépendante du mode de traitement. Plusieurs auteurs américains ont également signalé une influence significative de la densité des peuplements sur la croissance en hauteur et les valeurs atteintes par l'indice de station (GAISER et MERZ 1951 - MAC KINNEY et al. 1937 - F.A. 4, p. 197).

En conclusion, il semble raisonnable d'admettre que *les différences de hauteur dues à des différences de traitement sont faibles, pour des arbres dominants et âgés, croissant en peuplements fermés et éclaircis sans excès* (éclaircie normale par le bas). Dans ces conditions, la hauteur du peuplement (hauteur moyenne de Lorey ou indice de station) constitue un critère de station très satisfaisant.

2° *Valeur de la relation liant le volume à la hauteur*

Ainsi qu'il ressort de l'examen des tables de productivité (Cf. p. 262) et comme certains auteurs l'ont souligné (ASSMANN 1949), la relation entre la hauteur atteinte et le volume total produit n'est pas, d'une manière générale, indépendante de la fertilité de la station, ou de l'âge du peuplement.

Dans le cas des hêtraies suisses, l'existence d'une relation étroite et unique semble bien mise en évidence (Cf. p. 261). Cette preuve nous paraît beaucoup plus concluante que celles issues de la confrontation des caractéristiques normales des différentes classes de productivité : à hauteur égale, les différences de production entre classes voisines sont inférieures à 10 % (tableau 1), et nous ne sommes aucunement assurés de la signification de cet écart relativement faible, apparaissant entre des courbes de croissance très semblables obtenues à la suite de multiples transformations des données expérimentales (BRUCE 1925).

Il n'est d'ailleurs pas exclu qu'une relation unique entre la hauteur atteinte et la production n'existe que pour certaines essences : il y aurait lieu peut-être de comparer à ce point de vue les essences d'ombre et les essences de lumière (EICHHORN 1904).

3° *Avantages de l'indice de station et de la hauteur moyenne*

La méthode de l'indice de station est particulièrement simple et d'application beaucoup plus rapide que la méthode des classes de productivité : les dominants et codominants semblent faciles à repérer et à mesurer, et la lecture du graphique en queue de comète est élémentaire.

Le nombre de catégories de productivité que l'on considère n'est pas limité.

Ces méthodes basées sur l'étude de la croissance en hauteur peuvent être appliquées aux diverses essences de peuplements mélangés mais équiennes.

E) UTILISATION DE LA HAUTEUR MOYENNE ET DE L'INDICE DE STATION COMME CRITERES DE STATION

Ainsi que nous l'avons vu page 255, l'utilisation de la hauteur comme critère de station est d'inspiration européenne. La hauteur moyenne (moyenne de Lorey ou estimations analogues) a servi à définir les classes établies dans de nombreuses tables de productivité (FLURY 1907 - FOGGIE 1944 - SCHWAPPACH 1912 - WIEDEMANN 1932 et 1949).

La méthode de l'indice de station a été conçue aux Etats-Unis d'Amérique (FROTHINGHAM 1918 et 1921 - ROTH 1918 - WATSON 1917). et ensuite étudiée et appliquée par de très nombreux auteurs, principalement dans son pays d'origine.

L'utilisation comme critère de station de la hauteur moyenne ou de l'indice de station indépendamment de la croissance en volume ne peut servir qu'à établir un classement des stations selon leur fertilité, et ne donne aucun renseignement sur leurs possibilités de production. C'est pour remédier à cet inconvénient que l'on envisage souvent simultanément la croissance en hauteur et la croissance en volume : dans ces conditions, la productivité exprimée par la hauteur ne se substitue pas entièrement à la productivité exprimée par le volume : au contraire, l'étude de la croissance en hauteur établit alors la liaison entre le peuplement réel et le peuplement théorique, défini par les tables de productivité.

II. AUTRES DEFINITIONS DE L'INDICE DE STATION : METHODES DERIVEES

Principe

La notion d'indice de station a été élargie par de nombreux auteurs qui ont appliqué cette appellation à d'autres méthodes de caractérisation de la productivité, basées comme l'indice de station sur la hauteur moyenne d'une partie du peuplement.

A) QUELQUES METHODES DERIVEES

1° L'utilisation comme critère de station de la *hauteur moyenne* (moyenne arithmétique) *des plus gros bois* permet d'éviter de devoir distinguer sur le terrain les arbres dominants et codominants : la différenciation exacte des strates, par application d'une définition précise, est souvent plus délicate et plus subjective qu'il ne semble a priori.

WIEDEMANN (1936) propose de considérer la hauteur correspondant à la surface terrière moyenne des arbres de diamètre supérieur à 10 centimètres : cette valeur serait pratiquement indépendante de l'intensité et aussi du mode d'éclaircie (éclaircie par le haut ou par le bas).

D'autres forestiers préconisent comme critère de station la hauteur moyenne d'une certaine proportion ou d'un certain nombre des plus gros bois (BADOUX 1939 - PRODAN 1951 - WIEDEMANN 1936) (*). FOGGIE (1944) souligne les possibilités d'application en Europe d'une méthode employée aux Indes : le critère utilisé (« top height ») est la moyenne arithmétique de la hauteur des 100 plus gros bois par acre ou des 10 plus gros bois par dixième d'acre, à l'exclusion des arbres de conformation défectueuse. Pour plusieurs résineux croissant en Angleterre, la hauteur totale ainsi définie est en corrélation très étroite avec la hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne, de telle sorte que ces deux caractéristiques donnent des estimations également intéressantes comme critère de station.

2° Le Comité de l'Union internationale des Instituts de Recherche forestière (DELEVOY 1945 - FABRICIUS et al. 1936) considère comme critère de fertilité la *hauteur totale sur la courbe des prédominants correspondant sur l'échelle des abscisses à la surface terrière moyenne du peuplement.* Cette estimation correspondrait à la hauteur moyenne totale maximum du peuplement.

Une définition analogue a été proposée par COILE (1948) : le critère appliqué à deux espèces américaines de pin est la hauteur sur la courbe des dominants et codominants correspondant à la surface terrière moyenne des dominants et codominants.

3° Afin d'éviter les calculs imposés par l'utilisation d'un âge de référence, SHOW (1925) et DONAHUE (1940) considèrent comme critère de station la *hauteur totale moyenne des dominants et codominants à maturité.*

4° DUBOIS (1951) semble montrer pour les pessières du Plateau des Tailles qu'il n'y a pas de différence significative entre la *hauteur totale de l'arbre dominant* et la hauteur totale moyenne de dix domi-

(*) Les auteurs de langue allemande confondent volontiers sous la dénomination de *Oberhöhe* ces diverses définitions de la hauteur du peuplement dominant, ainsi d'ailleurs que l'indice de station au sens propre. (Etter 1949 - Prodan 1951).

nants, dans des stations de surface réduite. L'utilisation de la hauteur d'un arbre dominant avait déjà été proposée par WATSON (1917). La précision de cette méthode est sensiblement réduite par les erreurs qui entachent généralement les mesures de hauteur, principalement pour les feuillus et pour les résineux âgés à cime aplatie.

5° *Dans les futaies jardinées*, il faut considérer, indépendamment de l'âge, la hauteur moyenne des arbres exploitables, des arbres dominants arrivés à maturité ou d'une certaine proportion des plus gros bois (BRUCE et SCHUMACHER 1950 - PRODAN 1949).

6° *Pour les taillis sous futaie* à réserve abondante, DELEVOY (1936) propose d'utiliser comme critère de station la hauteur totale moyenne des bois de 40 centimètres de diamètre, car il constate pour les tiges de cette dimension que les différences de hauteur entre les classes de productivité sont très élevées et que l'accroissement courant en hauteur atteint son maximum.

Dans le choix de l'âge de référence utilisé pour établir l'indice de station (au sens strict), il serait intéressant de se rapprocher de la même manière de la période où la différenciation entre des niveaux voisins de productivité est la plus facile et la plus précise.

B) VALEUR ET UTILISATION DES METHODES DERIVEES

1° Les différents critères de station définis ci-dessus semblent être aussi intéressants que l'indice de station ou la hauteur moyenne de Lorey. La validité de ces méthodes est souvent parfaitement démontrée, mais aucune d'entre elles n'a été utilisée dans un grand nombre de cas : l'indice de station et la hauteur moyenne restent les deux seules méthodes d'application générale.

2° Il est évident que les différents critères ne donnent pas pour un même degré de fertilité des résultats absolus identiques. Lorsque l'on veut comparer les valeurs obtenues par deux méthodes, il faut estimer un facteur correctif. Il est parfois renseigné par les auteurs (FOGGIE 1944 - WIEDEMANN 1936), mais, dans d'autres cas, il faut s'efforcer de le calculer à l'aide de mensurations effectuées dans les peuplements ou à l'aide de tables, notamment à l'aide de tables de répartition des tiges en catégories de grosseur (Déciles de Jedlinski : JEDLINSKI 1932 - BOUDRU 1952 et 1954) et de tables donnant la relation entre les catégories de grosseur et de hauteur (GRUNDNER et SCHWAPPACH 1952 - WIEDEMANN 1936) (*).

(*) Cette méthode d'estimation d'un facteur correctif sera appliquée au cours de la deuxième partie.

2. Etude de caractéristiques autres que la hauteur

(Delevoy 1945 - Etter 1949 - Wiedemann 1950-51)

A) VOLUME

1° *Volume total et accroissement moyen en volume total* (p.p. + p.i.) : Cf. méthodes directes.

2° Le *volume du peuplement principal*, dépendant plus du traitement que de la station, n'est pas utilisable comme critère de fertilité. Le *taux d'accroissement en volume* dépend également de facteurs artificiels.

3° Dans les parcelles sous-stockées de certaines chênaies américaines, la méthode classique de l'indice de station s'avère inadéquate du fait du ralentissement de la croissance en hauteur et de la rapidité de la croissance en diamètre. GEVORKIANTZ et SCHOLZ (1944) équilibrent ces deux tendances en utilisant comme critère de station le *volume moyen de l'arbre dominant.*

B) NOMBRE DE TIGES

La densité du peuplement, exprimée par le nombre de tiges à l'hectare, ne peut servir de critère de station : elle est fortement influencée par le mode de traitement.

C) DIAMETRE

1° Le *diamètre moyen* du peuplement principal ou du peuplement total dépend certes de la qualité de la station, mais aussi du traitement. Le diamètre moyen peut toutefois être utilisé comme critère de fertilité dans certains cas tout à fait particuliers (DUERR et GEVORKIANTZ 1938).

2° L'*accroissement en diamètre* est influencé par l'éclaircie et par les conditions climatiques. Il constitue néanmoins un critère valable pour les systèmes forestiers dans lesquels la concurrence est faible ou nulle au sein de la strate arborescente : pour les réserves de taillis sous futaie, par exemple, la qualité de la station peut être caractérisée par l'accroissement annuel moyen des arbres d'élite parvenus au terme de leur exploitabilité (BOUDRU 1953-54).

3° CAJANUS (1914) s'appuyait pour comparer la valeur des stations forestières sur les caractéristiques de la *distribution des tiges en catégories de grosseur* (moyenne, nombre de tiges, dispersion, asymétrie). Ultérieurement, la méthode des déciles de Jedlinski a permis d'apprécier des différences de productivité entre des stations occupées par des peuplements de même essence et de même âge (BADOUX 1939 - BOUDRU 1952 et 1954 - JEDLINSKI 1932).

D) SURFACE TERRIERE

1° Les variations de la *surface terrière du peuplement principal* en fonction du traitement semblent au moins aussi importantes que les variations du diamètre moyen.

2° Par contre, la *surface terrière du peuplement total* pourrait éventuellement servir de critère de station.

3° De même que l'accroissement en diamètre, l'*accroissement en surface terrière* est influencé par le mode de traitement et par les conditions climatiques.

E) COEFFICIENT DE FORME

Différents coefficients ou facteurs de forme ont été définis par les forestiers (BRUCE et SCHUMACHER 1950 - DELEVOY 1945 - PRODAN 1951). Ils sont généralement en relation avec la productivité de la station, mais dépendent aussi fortement du mode de traitement.

F) ESTIMATION DE LA PRODUCTION.
VALEUR ET UTILISATION DE CES METHODES

Les caractéristiques envisagées sont donc fréquemment en relation avec la production du peuplement ou la productivité de la station. Cependant, contrairement à ce que l'on peut admettre sous certaines conditions pour la hauteur, la relation dépend elle-même du mode de traitement et aussi de l'âge du peuplement ou de la qualité de la station. En général, il est donc difficile d'estimer la production ou la productivité par l'intermédiaire de caractéristiques autres que la hauteur. C'est pourquoi ces méthodes ne sont applicables que dans certains cas particuliers auxquels elles doivent être préalablement adaptées.

b. METHODES BASEES SUR L'ETUDE FLORISTIQUE DE LA STATION

Principe

La dispersion naturelle des espèces végétales est en relation plus ou moins stricte avec certains facteurs du milieu. Cette constatation, acquise de longue date, a permis d'établir des classifications écologiques des forêts, basées sur la composition floristique soit du peuplement, soit du sous-bois, soit de toute la communauté (peuplement et sous-bois). Pour les différents types que distinguent ces classifications, il est possible de donner une estimation de la productivité moyenne.

1. Les types forestiers de Cajander

(Cajander 1926 et 1943 - Schaeffer 1944)

Parmi les classifications en types forestiers, la méthode de Cajander est la plus connue : depuis près de cinquante ans, elle se développe

parallèlement à la méthode des classes de productivité, et elle a permis d'établir une systématique valable des stations forestières boréales.

A) PRINCIPE

Cajander reproche aux méthodes basées sur l'étude quantitative des peuplements (méthodes directes et indirectes) de caractériser les stations uniquement au point de vue d'un peuplement composé d'une ou de quelques essences : les valeurs obtenues par ces méthodes sont les résultantes du complexe station + peuplement, et non des valeurs caractéristiques de la station elle-même.

D'après Cajander, la végétation naturelle est la seule base de *classification générale des stations forestières.* La méthode des types forestiers aurait en outre l'avantage de mettre en évidence des distinctions naturelles et non des abstractions graphiques telles, par exemple, les classes de productivité.

B) DEFINITION DES TYPES FORESTIERS

Par définition, appartiennent à un même type toutes les stations colonisées sous des peuplements d'âge mûr et normalement denses par une végétation de même composition floristique, ainsi que toutes les stations s'écartant accidentellement et momentanément du type (par incendie, chablis, pâturage, etc.) de telle sorte que le retour au type fondamental se réalise dès que la cause accidentelle a cessé d'agir.

Des différences permanentes et importantes séparent les différents types ; des différences permanentes et secondaires distinguent les *sous-types.*

Chaque type forestier comprend un certain nombre d'*associations* définies par la fréquence et l'abondance des espèces, dans le peuplement et le sous-bois, en fonction des conditions écologiques momentanées. Toutes les associations d'un même type ont la même *fertilité potentielle*, car sous des conditions analogues (peuplements d'âge mûr et normalement denses), elles tendent à revenir à une même composition floristique.

C) VALEUR ET UTILISATION DE LA METHODE DE CAJANDER

1° La méthode des types forestiers de Cajander est spécialement adaptée à l'étude des forêts boréales, *forêts naturelles* de grande étendue au sein desquelles les variations d'altitude, de géologie et de climat sont relativement progressives. Malgré cela, les types y sont généralement séparés par des limites nettes, indiquées notamment par des modifications des conditions de concurrence entre espèces végétales et par des conditions particulières de compétition entre types voisins.

2° Dans les *forêts remaniées ou artificielles*, la détermination des types forestiers devient difficile mais, selon Cajander, serait toujours possible. Seule la végétation herbacée doit alors être considérée.

ILVESSALO (1929) s'est efforcé d'établir selon la méthode de Cajander une classification des types forestiers du Canada et du nord des Etats-Unis. Divers autres essais d'application de la méthode finlandaise ont été tentés en dehors de la forêt boréale, sans grand succès, semble-t-il (HEIMBURGER 1934 - JAGER GERLINGS 1947 - SCHAEFFER 1944 - WIEDEMANN 1950-51 - F.A. 9-1956 et 11-3412).

2. Diverses définitions des types forestiers

(Heimburger 1934 - Jager Gerlings 1947)

L'expression *type forestier* a été utilisée par de nombreux forestiers, et s'applique de ce fait à des notions parfois très différentes.

a) *En Russie*, une étude consacrée aux types forestiers a été effectuée, avant la parution des travaux de Cajander, par Morosov. Dakutschajew, Sukatschew et d'autres ont poursuivi les recherches entreprises.

b) *Aux Etats-Unis d'Amérique*, plusieurs tendances se sont fait jour. Au point de vue économique, les forestiers praticiens ont défini des types forestiers d'une manière conventionnelle en fonction de la composition des peuplements. Chaque type constitue une unité sylvicole sur toute l'étendue de laquelle un même traitement peut être appliqué, mais dont la production n'est pas constante : au sein de chaque type, la qualité de la station est définie par la méthode classique de l'indice de station (BAKER 1934).

D'autres chercheurs ont souligné les inconvénients de cette méthode et l'intérêt de baser la distinction entre types forestiers sur la végétation basse, en utilisant la notion de plantes indicatrices (KORSTIAN 1917 et 1919 - RIGG 1929).

c) *En Europe occidentale*, diverses études ont été consacrées aux relations entre la production et les groupements végétaux forestiers. définis essentiellement en fonction de la végétation herbacée. Bornebusch, par exemple, met en évidence une corrélation entre la croissance et la végétation herbacée des hêtraies danoises (HEIMBURGER 1934). DUCHAUFOUR et MILLISCHER (1954) indiquent dans les sapinières vosgiennes une relation entre l'accroissement annuel en volume et les *types de végétation*, définis par la composition floristique du sous-bois.

D'autres auteurs, au cours de la description de communautés forestières, estiment rapidement leur fertilité moyenne soit par un chiffre de production, soit par un chiffre de hauteur atteinte (BROWN 1953 - NOIRFALISE 1948-1949 - REICHLING 1951 - F. A. 7-769, 8-770, 12-839, 13-535 - etc.), ou encore, mettent la production et la composition floristique en relation avec certains facteurs écologiques (HARTMANN 1926).

3. Estimation de la fertilité

ILVESSALO a étudié, dans 467 parcelles d'essai de la Finlande méridionale, la relation entre les types forestiers de CAJANDER et les caractéristiques des peuplements : diamètre, surface terrière, nombre de tiges, volume, différentes expressions de l'accroissement et, aussi, hauteur moyenne des dominants (CAJANDER 1926). A ces divers points de vue, le développement des peuplements diffère d'un type à l'autre et varie relativement peu à l'intérieur d'un même type. En conséquence, ILVESSALO utilise les types forestiers comme critère de fertilité dans l'établissement de nouvelles tables de productivité pour la forêt boréale mélangée de pin sylvestre, épicéa et bouleau. Des études analogues ont été entreprises par d'autres auteurs nordiques (JAGER GERLINGS 1947).

D'une manière générale, il est possible d'estimer à l'aide de parcelles permanentes la *productivité moyenne de chaque groupement* (type forestier, association végétale, etc.) et l'amplitude des variations de productivité à l'intérieur d'un même groupement. La fertilité des stations typiques sera supposée égale à la fertilité moyenne du groupement. Pour des stations intermédiaires entre deux ou plusieurs groupements, il faudra interpoler entre les valeurs des fertilités moyennes.

Les méthodes basées sur l'étude floristique des stations donnent donc une échelle discontinue de productivité dont le nombre de niveaux, égal au nombre de groupements, est imposé par l'observation.

4. Conclusions

La composition floristique de la station et plus particulièrement du sous-bois peut guider le forestier dans l'estimation de la qualité des peuplements. Que les groupements considérés répondent aux notions de types forestiers, de types de végétation, d'associations végétales, etc., s'ils ont une signification écologique réelle, ils peuvent utilement servir de critères de productivité.

c. METHODES BASEES SUR L'ETUDE DE FACTEURS ECOLOGIQUES

Principe

Il est généralement admis que la capacité de production d'une station est limitée par certaines propriétés qui y sont relativement les plus défavorables : la *loi du minimum* de Liebig peut ainsi être étendue à tous les facteurs écologiques (BAKER 1934 - CAJANDER 1926 et 1943).

Pour un certain nombre de places d'essai, on étudie la corrélation entre la production en volume (ou un critère de station valable, tel l'indice de station) et un ou plusieurs facteurs écologiques supposés limitants. Si la corrélation est suffisamment étroite, il est possible d'estimer la fertilité de stations analogues à partir des facteurs considérés.

1. Facteurs climatiques (Climat général)

Pour certaines essences forestières plastiques et dont l'aire de dispersion est étendue, il est nécessaire de distinguer plusieurs domaines de croissance, dans lesquels les peuplements réagissent différemment aux conditions climatiques de croissance (FLURY 1907 - MITCHERLICH 1950 - WIEDEMANN 1950-51). A plus petite échelle, et pour des essences plus stables, les modifications du climat général n'influencent que faiblement les conditions de végétation, relativement aux variations des conditions climatiques locales.

Certains auteurs américains font néanmoins intervenir la pluviosité dans le calcul de l'indice de station, en relation avec l'altitude et certains facteurs édaphiques (Cf. p. 273).

2. Facteurs topographiques

L'influence indirecte de la topographie sur la végétation est très sensible : elle modifie notamment les conditions microclimatiques (altitude, exposition, vents) et, aussi, l'évolution et le régime hydrique des sols.

Dans les hêtraies anglaises, BROWN (1953) considère que la croissance est en relation plus étroite avec le climat local qu'avec les conditions géologiques et édaphiques (action importante des vents). MERZ (1953) estime l'indice de station de *Quercus alba* dans le sud-est de l'Ohio en fonction de l'exposition, de la pente et de la profondeur du profil. TARRANT (1950) met en évidence une différence significative d'indice de station entre les peuplements de Douglas situés en topographie concave (bas de versant, vallées) et convexe (sommets de versants, crêtes).

3. Facteurs édaphiques

De nombreuses études ont été consacrées à l'influence des facteurs édaphiques sur la croissance des peuplements forestiers : nous n'envisageons ici que l'étude de relations étroites permettant d'estimer la fertilité d'une station à l'aide des résultats de quelques déterminations analytiques.

1° *Les propriétés chimiques* de la roche-mère et du sol ont été considérées en premier lieu. Au cours de l'étude des types forestiers boréaux, ILVESSALO (1923) met en évidence la signification des corrélations entre l'accroissement des trois essences fondamentales (épicéa, pin sylvestre, bouleau) et divers facteurs pédologiques (quantité de matière organique, d'azote, de potassium, de calcium). Des résultats analogues ont été obtenus dans certains cas par d'autres auteurs (LUNT 1939).

Dans les chênaies du sud-ouest du Wisconsin, le volume moyen des dominants et codominants, considéré comme le meilleur critère de sta-

tion, est en relation très étroite avec les bases échangeables (Total replaceable bases). Ce facteur constitue à la fois un excellent indice de la carence nutritive des sols sableux et de l'excès de carbonate présent dans les sols sur calcaire (YOUNGBERG et SCHOLZ 1949).

2° Il apparaît, à l'examen de la littérature, que les facteurs généralement considérés comme limitant la production sont, en premier lieu, le facteur hydrique et, secondairement, la composition de la roche-mère (LUNT 1939). Dans les sols suffisamment riches, il s'avère donc indispensable d'étudier l'*alimentation en eau*, dépendant principalement des *propriétés physiques* (TARRANT 1949).

COILE a examiné de manière détaillée les peuplements de pins (*Pinus echinata* et *P. taeda*) de la Caroline du nord, de la Caroline du sud et de l'Alabama. Parmi les nombreuses caractéristiques édaphiques envisagées, seules l'épaisseur de l'horizon A et l'eau d'imbibition de l'horizon B sont en relation étroite avec l'indice de station. Celui-ci peut être estimé avec une erreur moyenne de 8 %, à l'aide des formules de régression suivantes :

$$SI_e = 77.32 - \frac{45}{X_1} - 1.00\ X_9$$

et $SI_t = 100.04 - \frac{75}{X_1} - 1.39\ X_9$ où SI_e et SI_t sont les indices de station de *Pinus echinata* et *P. taeda*, X_1 l'épaisseur de l'horizon A, et X_9 l'eau d'imbibition de l'horizon B. Les facteurs choisis étant facilement mesurables sur le terrain, la méthode proposée est trois fois plus rapide que la méthode classique de détermination de l'indice de station (COILE 1948 - COILE et SCHUMACHER 1953). Dans des conditions analogues, GAISER (1950) obtient une estimation aussi précise de l'indice de station en considérant la profondeur du profil et l'eau d'imbibition de l'horizon le moins perméable (*).

Dans la région pacifique américaine, le développement du Douglas vert (*Pseudotsuga taxifolia* var. *viridis*) est entravé par les facteurs suivants : texture, profondeur du profil (pour les profils limités par un horizon induré ou par la roche-mère cohérente affleurant à faible profondeur) et précipitations, facteurs à partir desquels il est possible de calculer une estimation de l'indice de station (GESSEL 1949 - GESSEL et LLOYD 1950). A ces facteurs, CARMEAN (1954) ajoute encore l'altitude.

Des études semblables ont également été entreprises en Europe. Pour le pin sylvestre sur sols de moraine, la pierrosité (pourcentage d'éléments de grosseur supérieure à 2 centimètres) est le principal facteur limitant, en corrélation négative avec la fertilité des stations (VIRO 1947). TAMM et WADMAN (1945) ont recherché dans la forêt

(*) La possibilité d'estimer la productivité à l'aide de méthodes aussi simples est due à la grande uniformité des pineraies considérées, au point de vue des conditions climatiques et édaphiques.

boréale, la relation entre la composition des peuplements et la qualité de la station d'une part, divers facteurs écologiques d'autre part. Les facteurs limitants sont, ici encore, le régime hydrique (pluviosité, topographie, texture) et la roche-mère.

Parmi les nombreux autres travaux qui soulignent l'importance de la profondeur, de la texture et de l'alimentation en eau des horizons superficiels ou du profil, citons encore quelques références : F.A. 9-2608, 9-2629, 10-2342, 10-3016, 12-2529, 13-4093, 13-4094, 15-2748.

3° Quant aux *types de sols*, leur signification au point de vue de la productivité est très variable. Certains types, définis d'après certains critères, sont en relation très étroite avec la productivité. Selon d'autres définitions, la productivité varie autant à l'intérieur d'un même type qu'entre des types différents, notamment parce que les critères de définition ne sont pas des facteurs limitants, ou du fait de l'équivalence biologique de types de sols différents (LUNT 1939 - YOUNGBERG et SCHOLZ 1949).

4. Valeur et utilisation des méthodes basées sur l'étude de facteurs écologiques

Les méthodes basées sur l'étude de facteurs écologiques ne sont pas générales : chacune d'entre elles ne peut être utilisée que dans le milieu en fonction duquel elle a été conçue et aucune transposition ne peut être effectuée sans y consacrer une étude approfondie. Dans les limites ainsi définies, l'étude de facteurs écologiques peut aider le forestier à établir une classification économique des forêts.

L'intérêt principal de ces méthodes réside dans leur applicabilité en vue de boisements ou de reboisements : en l'absence de peuplement, aucune mensuration dendrométrique ne peut être effectuée, et il est souvent difficile de mettre en évidence la florule caractéristique d'un groupement forestier donné (SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS 1923).

d. METHODES DIVERSES

Nous citerons ici quelques facteurs très divers qui ont été considérés en vue de leur application à la détermination de la productivité et à la classification des stations forestières.

Parmi les premiers forestiers ayant envisagé ce problème, DE PERTHUIS a tenté, au début du XVIIIme siècle déjà, de caractériser la qualité des peuplements par la *longueur des pousses annuelles* à un âge de référence (SCHAEFFER 1944).

Pour *Populus tremuloides* dans le Wisconsin et le Minnesota, STOECKELER (1948) envisage la possibilité de déterminer la productivité en fonction de la *fréquence des incendies* et de certaines propriétés

édaphiques ; l'indice de station serait également en relation avec la hauteur atteinte par *Pteris aquilina.*

Dans les pineraies de *Pinus taeda* de Caroline, COOPER (1942) établit une relation entre l'indice de station et le *degré d'érosion* de l'horizon A : cette caractéristique se présente comme un excellent facteur synthétique des propriétés du sol.

D'autres méthodes encore ont été proposées (DONAHUE 1940 - F.A. 11-2379, 15-550, etc.).

III. Discussion et conclusions

a. BUT ET INTERET DES DIFFERENTS CRITERES DE STATION

Lorsque l'on compare les différents critères de station, il ne faut pas perdre de vue que toutes les méthodes ne poursuivent pas essentiellement le même but et ne sont pas adaptées aux mêmes conditions d'application.

1. Etendue considérée

L'étude des types forestiers établis par la méthode de Cajander ou par la méthode du Service forestier américain (types forestiers économiques) envisage le cas de forêts de très grande surface : les unités de végétation définies par ces systèmes de classification sont plus étendues que les associations végétales telles que nous les considérons et entre lesquelles nous cherchons à établir des distinctions. Pour mettre celles-ci en évidence, la méthode des classes de productivité et l'étude de la croissance en hauteur sont particulièrement utiles.

Le Service forestier américain a d'ailleurs appliqué la méthode de l'indice de station à l'intérieur des différents types forestiers, et Cajander aussi a cherché le moyen de mettre en évidence de faibles différences de productivité : après avoir contesté la valeur de la hauteur comme base de classification des stations forestières, il constate, sauf dans quelques cas exceptionnels, que les dominants atteignent une plus grande hauteur dans des forêts plus productives et que le maximum d'accroissement en hauteur y est plus élevé et plus précoce. Il considère également que la distribution des tiges en catégories de grosseur est un excellent critère de station, au sein d'un même type (BULL 1931 - CAJANDER 1926).

2. Productivité actuelle et potentielle

Les méthodes directes et indirectes basées sur l'étude quantitative du peuplement permettent d'apprécier uniquement la fertilité d'une station au point de vue de l'essence qui l'occupe. Tout au plus peut-on

admettre que, dans des forêts non remaniées, le développement atteint par les essences naturelles définit la *fertilité potentielle* (naturelle) de la station et, aussi, que la *fertilité actuelle* (artificielle) n'est indiquée convenablement que par des espèces bien adaptées aux conditions écologiques de la station (KORSTIAN 1919). De toute façon, ces méthodes ne permettent pas de comparer entre elles des stations occupées par des essences différentes, ni d'établir une classification unique des stations forestières considérées en elles-mêmes, indépendamment du peuplement et du mode de traitement.

Par l'application de sa théorie des types forestiers, CAJANDER prétend mettre sur pied une telle classification, sans envisager, semble-t-il, de prouver d'abord son existence et son intérêt au point de vue sylvicole. Quoi qu'il en soit, CAJANDER a le mérite d'établir un système capable d'estimer la fertilité potentielle des stations : il groupe en effet dans un même type tous les peuplements qui, dans les mêmes conditions d'âge et de densité, ont la même composition floristique.

Dans les forêts fortement modifiées par l'homme, il est difficile de déterminer les possibilités de revenir aux conditions naturelles de peuplement, et donc de définir les types forestiers (de Cajander) auxquels appartiennent les stations considérées. La limite entre *différences momentanées* (différences entre associations d'un même type) et *différences permanentes* (différences entre types) n'est d'ailleurs pas strictement définie. De ce fait, il serait vain, dans l'état actuel de nos connaissances, de vouloir chiffrer la fertilité potentielle de toutes nos forêts ; comme nous l'avons dit dans l'introduction, il paraît d'ailleurs plus intéressant de disposer d'une estimation exacte de la fertilité actuelle et des modifications qu'elle peut subir dans un proche avenir.

Remarquons aussi que la productivité actuelle renseignée par l'étude des peuplements, et notamment par l'étude de la hauteur, est en fait une moyenne de la productivité actuelle au cours de la période écoulée pendant la croissance des arbres que l'on mesure, alors que l'estimation donnée par l'étude floristique du sous-bois semble être une valeur plus instantanée, plus strictement actuelle : si l'on admet que le peuplement et le sous-bois évoluent parallèlement dans le temps sous l'action des facteurs écologiques, il faut aussi admettre qu'il existe un retard dans l'évolution du premier par rapport à l'évolution du second (COILE 1938).

3. Intérêt des tables de productivité

(Flury 1907 - Wiedemann 1932 et 1950-51)

Le but des tables de productivité n'est pas uniquement d'établir un classement des peuplements au point de vue de leur fertilité. A tout moment, elles interviennent dans la gestion des forêts, notamment dans le choix de la révolution et du mode de traitement (intensité et périodicité des éclaircies). Elles complètent également les connaissances acquises au sujet de la croissance des espèces botaniques.

Si même les distinctions établies entre les classes de productivité ne correspondent à aucune distinction naturelle, les tables apportent malgré tout des éléments importants en ce qui concerne la connaissance des caractéristiques normales de quelques niveaux de fertilité, et il est toujours possible d'interpoler entre ceux-ci pour se rapporter à des situations réelles rencontrées en pratique. On peut aussi établir des tables de productivité sur des bases naturelles, en faisant correspondre les différentes classes à différents groupements végétaux.

Il faut savoir interpréter les données théoriques des tables de façon à les adapter aux conditions pratiques, sans surestimer ni sous-estimer leur valeur. Considérées ainsi, les tables de productivité s'avèrent être très utiles, voire indispensables à la gestion raisonnée des forêts.

4. Comparaison des méthodes basées sur l'étude des peuplements et des méthodes basées sur l'étude de facteurs écologiques

Les méthodes indirectes basées sur l'étude quantitative des peuplements tendent à étudier uniquement un critère synthétique de fertilité, indépendamment des facteurs déterminants. Par contre, les méthodes basées sur l'étude de facteurs écologiques supposent connus ou recherchent les principaux facteurs limitant la production : elles sont moins générales et destinées plutôt à être appliquées après d'autres méthodes, lorsque la productivité est connue, afin d'en rechercher les facteurs et d'en trouver une méthode rapide d'estimation.

5. Production en bois d'œuvre, production en argent

Certaines méthodes de classification économique des stations forestières utilisent comme point de comparaison la production totale (peuplement principal + peuplement intermédiaire) ou l'accroissement annuel moyen en volume, indépendamment de la répartition dans les différentes catégories commerciales. Il y aurait lieu d'estimer, parallèlement à la production totale en volume, la production des principales catégories (sciage, bois de mine, bois de feu, etc.), et même de préciser, autant que possible, la production en argent, en fonction de l'exploitabilité choisie (exploitabilité économique, commerciale, ou autre). Il serait déjà intéressant d'ajouter au chiffre caractéristique de la classe de productivité (I, II, ...) un indice renseignant par exemple le terme d'exploitabilité (dimensions des bois exploitables) ou le pourcentage des bois de faibles dimensions prélevés en éclaircie (Boudru 1954 - Philipp 1931, d'après Prodan 1949).

b. PRINCIPALES METHODES A RETENIR

Pour caractériser la productivité actuelle des stations forestières, les méthodes les plus intéressantes à utiliser sont à notre avis :

1° Méthodes générales :

a) L'étude de la croissance des peuplements et l'établissement de tables de productivité, comme base générale d'étude et de gestion ;

b) L'indice de station et d'autres méthodes basées sur l'étude de la hauteur, comme moyen de liaison le plus sûr entre les tables de productivité et les peuplements rencontrés en pratique ;

2° Méthodes particulières :

a) L'étude des groupements végétaux, lorsque cette méthode s'est avérée suffisamment précise, c'est-à-dire lorsque la productivité est en relation suffisamment étroite avec les groupements, notamment pour pallier au manque de bois âgés susceptibles de donner par leur hauteur une estimation de la fertilité (cas des coupes forestières et des terrains à boiser) ;

b) Des méthodes basées sur l'étude de caractéristiques autres que la hauteur et sur l'étude de facteurs écologiques, dans les cas particuliers où leur valeur est bien assurée.

Soulignons que les méthodes dites particulières peuvent, dans des circonstances bien précises, être aussi intéressantes ou même plus intéressantes que les méthodes générales. Toutefois, elles devront être vérifiées et étalonnées dans chaque cas par rapport à ces dernières.

B. CHOIX D'UN CRITERE DE STATION UTILISABLE DANS LES HETRAIES D'ARDENNE

1. Résultats acquis en Belgique

Aucune étude de la productivité stationnelle des forêts belges n'a donné de résultats généraux jusqu'à présent. Les futaies feuillues sont particulièrement déshéritées à ce point de vue : l'inventaire du matériel réservé n'est pas effectué d'une manière générale et, de plus, les dossiers de certains cantonnements ont été détruits au cours de la dernière guerre, de sorte qu'on ne dispose même pas de données précises sur l'accroissement périodique. Peu de parcelles d'essai sont établies et inventoriées régulièrement depuis une période suffisamment longue pour donner des résultats valables, et la méthode d'aménagement dite du contrôle par les courbes n'est appliquée qu'à deux séries de futaie, dont la plus importante se trouve à Hautfays : il s'agit là des seuls peuplements étendus dont on connaisse exactement la production.

Néanmoins quelques *travaux particuliers* doivent être cités. DELEVOY a étudié, notamment par la croissance en hauteur, la production de certaines forêts de Belgique : les pineraies de pin noir d'Autriche

(*Pinus nigra* Arn.) des friches calcaires de la région de Rochefort (1935), les taillis sous futaie de l'Entre-Sambre-et-Meuse (1936), les hêtraies de la Forêt de Soignes (1945 et 1949a) et les parcelles occupées par quelques variétés de pin dans différents arboretums (1949b). L'indice de station et certaines méthodes dérivées ont également été utilisés au cours de quelques études spéciales (BOURDEAU 1949 - DUBOIS 1951 - SPEETH 1950).

Une publication récente de la Station de Recherches de Groenendaal a fourni des résultats intéressants concernant la productivité stationnelle des hêtraies d'Ardenne (REGINSTER 1955).

2. Choix et justification d'une méthode

Ne disposant pas de données précises et complètes relatives aux caractéristiques normales des hêtraies belges, nous devrons nous référer à des tables de productivité établies à l'étranger, dans des conditions voisines de celles de nos régions.

Pour établir le lien entre ces tables et les peuplements rencontrés en Ardenne, nous adopterons un critère dérivé de l'indice de station, basé également sur l'étude de la hauteur du peuplement. Comme nous l'avons vu, seules les méthodes de ce groupe sont applicables sans vérification préalable à des peuplements aussi irréguliers que les hêtraies d'Ardenne, tout en gardant les avantages d'une grande rapidité d'application et d'une précision suffisante.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE DE LA PREMIERE PARTIE

ASSMANN, E. — 1949 — Zur Ertragstafelfrage - *Forstwiss. Centralbl.* **68**, 414-430.

BADOUX, E. — 1939 — De l'influence des divers modes et degrés d'éclaircie dans les hêtraies pures - *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.* **21**, 59-146.

BAKER, E. — 1934 — Theory and practice of silviculture - Mc Graw Hill and C°, 502 pp.

BELYEA, H. C. — 1931 — Forest mensuration - John Wiley and Sons, New-York.

BORNEBUSCH, C.H. — 1943 — L'éclaircie danoise, son influence sur la forme et l'accroissement en valeur de la forêt de hêtre - *Intersylva* **3**, 221-242.

BOUDRU, M. — 1952 — Considérations sur la forêt jardinée de chêne - *Bull. Inst. agron. et Stat. Rech. Gembloux,* **20**, 155-177.

BOUDRU, M. — 1952-53 — Les forêts en Belgique - Inst. agron. Gembloux, notes de cours.

BOUDRU, M. — 1954 — Questions spéciales de sylviculture - Id.

BOURDEAU, P. — 1949 — Le pin noir d'Autriche en Belgique : écologie, sylviculture, économie - Inst. agron. Gembloux, question spéciale annexée au travail de fin d'études, 83 pp.

BROWN, J. M. B. — 1953 — Studies on British beechwoods - *Forestry Comm., Bull.* **20**, 100 pp.

BRUCE, D. — 1923 — Anamorphosis and its use in forest graphics - *Journ. For.* **21**, 773-783.

BRUCE, D. — 1925 — Some possible errors in the use of curves - *Journ. agr. Res.* **31**, 923-928.

BRUCE, D. — 1926 — A method of preparing timber-yield tables - *Journ. agr. Res.* **32**, 543-557.

BRUCE, D. et SCHUMACHER, F. X. — 1950 — Forest mensuration - Mc Graw Hill and C°, 483 pp.

BULL, H. — 1931 — The use of polymorphic curves in determining site quality in young red pine plantations - *Journ. agr. Res.* **43**, 1-28.

CAJANDER, A. K. — 1926 — The theory of forest types - *Acta Forest. Fenn.* **29**, 1-108.

CAJANDER, A. K. — 1943 — Nature et importance des types de forêt - *Intersylva* **3**, 169-209.

CAJANUS, W. — 1914 — Ueber die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie - *Acta Forest. Fenn.* **3**, 1-142.

CARMEAN, W. H. — 1954 — Site quality for Douglas Fir in Southwestern Washington and its relationship to precipitation, elevation, and physical soil properties - *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* **18**, 330-334.

CHAPMAN, H. H. et MEYER, W. H. — 1949 — Forest mensuration - Mc Graw Hill and C°, 522 pp.

COILE, T. S. — 1938 — Classification of forest sites with special reference to ground vegetation - *Journ. For.* **36**, 1062-1066.

COILE, T. S. — 1948 — Relation of soil characteristics to site index of loblolly and shortleaf pines in the lower Piedmont region of North Carolina - *Duke Univ. School of Forestry, Bull.* **13**, 78 pp.

COILE, T. S. et SCHUMACHER, F. X. — 1953 — Relation of soil properties to site index of loblolly and shortleaf pines in the Piedmont region of the Carolinas, Georgia and Alabama - *Journ. For.* **51**, 739-744.

COOPER, W. E. — 1942 — Forest site determination by soil and erosion classification - *Journ. For.* **40**, 709-712.

DELEVOY, G. — 1935 — De l'influence de l'éclaircie dans les pineraies - *Bull. Soc. Centr. For. Belg.* **38**, 311-337, 416-428 et 483-489.

DELEVOY, G. — 1936 — Considérations sur le cubage sur pied des peuplements de chêne de taillis-sous-futaie - *Bull. Soc. Centr. For. Belg.* **39**, 129-141 et 198-216.

DELEVOY, G. — 1945 — La hêtraie sonienne dans le domaine du hêtre - *Bull. Soc. Centr. For. Belg.* **52**, 217-243 ou : *Stat. Rech. Groenendael, Trav.* n° **B/1**.

DELEVOY, G. — 1949a — Notes sur l'éclaircie des hêtraies en Forêt de Soignies - *Stat. Rech. Groenendael, Trav.* sér. **B/4**, 94 pp.

DELEVOY, G. — 1949b — Contribution à l'étude de quelques variétés de *Pinus nigra* Arn. en Belgique :
II : Les classes de productivité - *Stat. Rech. Groenendael, Trav.* n° **B/9**, 17 pp.
III : Esquisse de la productivité du Pin de Corse - *Id.*, n° **B/11**, 19 pp.

DIETERICH, V. — 1924-25 — Aus den Ergebnissen von Durchforstungsversuchen in Buchenbeständen - *Allg. Forst- u. Jagdz.* 1924. 566-575 et 1925, 16-35 et 41-50.

DONAHUE, R.L. — 1940 — Forest-site quality studies in the Adirondacks : I, Tree growth as related to soil and morphology - *Cornell Univ. Agric. Expt. Sta. Mem.* **229**, 44 pp.

DUBOIS, J. — 1951 — Typologie des pessières de la Baraque Fraiture et ses relations avec les classes de productivité de l'épicéa - Inst. agron. Gembloux, question spéciale annexée au travail de fin d'études.

DUCHAUFOUR, Ph. et MILLISCHER, H. — 1954 — Etude des types de végétation dans une sapinière vosgienne - *Rev. For. Franç.* 1954, 160-178.

DUERR, W. A. et GEVORKIANTZ, S. R. — 1938 — Growth prediction in uneven-aged timber stands - *Journ. agr. Res.* **56**, 81-98.

EICHHORN, F. — 1904 — Beziehungen zwischen Bestandeshöhe und Bestandesmasse - *Allg. Forst- u. Jadz.* **80**, 45-49.

ERTELD, W. — 1953 — Ertragstafelauszüge für den Gebrauch in der Praxis - Neumann Verlag, Berlin, 62 pp.

ETTER, H. — 1949 — Ueber die Ertragsfähigkeit verschiedener Standortstypen - *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.* **26**, 91-151.

FABRICIUS, OUDIN et GUILLEBAUD — 1936 — Directives pour la conduite des recherches sur la production forestière - *Union intern. Inst. Rech. for. Nancy*, 1936.

FLURY, P. — 1903 — Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf Zuwachs und Form der Fichte und Buche - *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.* **7**, 1-244.

FLURY, P. — 1907 — Ertragstafeln für die Fichte und Buche der Schweiz - *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.* **9**, 1-290.

FOGGIE, A. — 1944 — On the determination of quality class by top height instead of mean height for conifers in Great Britain - *Forestry* **18**, 28-39.

FROTHINGHAM, E. H. — 1918 — Height growth as a key to site - *Journ. For.* **16**, 754-760.

FROTHINGHAM, E. H. — 1921 — Classifying forest sites by height growth - *Journ. For.* **19**, 374-381.

GAISER, R. N. — 1950 — Relation between soil characteristics and site index of Loblolly Pine in the coastal plain region of Virginia and the Carolinas - *Journ. For.* **48**, 271-275.

GAISER, R. N. et MERZ, R. W. — 1951 — Stand density as a factor in estimating White Oak site index - *Journ. For.* **49**, 572-574.

GALOUX, A. — 1954a — La fertilisation minérale en sylviculture - *Stat. Rech. Groenendael, Trav.* sér. **B**, n° **16**.

GALOUX, A. — 1954b — Phytosociologie et applications sylvicoles - *Congrès Intern. Botan., Paris, Rapp. et Comm.*, Section 13, 31-34.

GEHRHARDT, E. — 1930a — Eine neue (mehrteilige) Buchen-Ertragstafel an Stelle meiner Tafeln von 1909 und 1924 - *Allg. Forst- u. Jagdz.* **106**, 41-58.

GEHRHARDT, E. — 1930b — Ertragstafeln für reine und gleichartige Hochwaldbestände von Eiche, Buche, Tanne, Fichte, Kiefer, Grüner Douglasie und Lärche - Springer Verlag, Berlin, 73 pp.

GESSEL, S. P. — 1949 — Correlation between certain soil characteristics and site for Douglas Fir in nothwestern Washington - *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* **14**, 333-337.

GESSEL, S. P. et LLOYD, W. J. — 1950 — Effect of some physical soil properties on Douglas Fir site quality - *Journ. For.* **48**, 405-410.

GEVORKIANTZ, S. R. et SCHOLZ, H. F. — 1944 — Determining site quality in understocked oak forests - *Journ. For.* **42**, 808-811.

GRUNDNER, F. et SCHWAPPACH, A. — 1952 — Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbaüme und Waldbestände - Parey, Berlin, 216 pp.

HARTMANN, F. K. — 1926 — Die Abhängigkeit der Höhenbonität und der Bodenflora der Kiefer vom Feinerdegehalt und Untergrund gewisser diluvialer Sandböden - *Zeitschr. Forst- u. Jagdw.* **58**, 226-255.

HEIMBURGER, C. C. — 1934 — Forest-type studies in the Adirondack region - *Cornell Univ. agr. Exp. Sta.* **Mem. 165**, 1-122, 1934.

ILVESSALO, Y. — 1923 — Ein Beitrag zur Frage der Korrelation zwischen den Eigenschaften des Bodens und dem Zuwachs des Waldbestandes - *Acta Forest. Fenn.* **25**, 31 pp.

ILVESSALO, Y. — 1929 — Notes on some forest site in North America - *Acta Forest. Fenn.* **34**.

JAGER GERLINGS, J. H. — 1947 — Het waarderen van de groeiplaats in de bosbouw - *Ned. Bosb. Tijdschr.* **19**, 161-173.

JEDLINSKI, W. — 1932 — De l'utilisation des courbes de répartition de grosseur et de hauteur d'arbres, soit comme moyen d'investigation de la structure biologique des peuplements, soit pour préciser et représenter clairement les différents modes d'éclaircie. (Texte allemand). - *C-R. Cong. Union Intern. Inst. Rech. Forest.*, Nancy 1932, 275-298.

KORSTIAN, C. F. — 1917 — The indicator significance of native vegetation in the determination of forest sites - *Plant World* **20**, 267-287.

KORSTIAN, C. F. — 1919 — Native vegetation as a criterion of site - *Plant World* **22**,, 253-261.

LUNT, H. A. — 1939 — Soil characteristics, topography and lesser vegetation in relation to site quality of second-growth oak stands in Connecticut - *Journ. agr. Res.* **59**, 407-428.

MAC KINNEY, A. L., SCHUMACHER, F. X. et CHAIKEN, L. E. — 1937 — Construction of yield tables for nonnormal loblolly pine stands - *Journ. agr. Res.* **54**, 531-545.

MC ARDLE, R. E., MEYER, W. H. et BRUCE, D. — 1930 — The yield of Douglas Fir in the Pacific Northwest - U.S.D.A. Techn. Bull. 201, 74 pp.

MERZ, R. W. — 1953 — Site index estimates made easy - *Journ. For.* **51**, 749-750.

MITSCHERLICH, G. — 1950 — Die Bedeutung der Wuchsgebiet für das Bestandeswachstum von Buche, Eiche, Erle und Birke - *Forstwiss. Centralbl.* **69**, 184-211.

MUNNS, E. N. et al. — 1926 — Report of Committee on methods of preparing volume and yield tables - *Journ. For.* **24**, 653-666.

NOIRFALISE, A. — 1948-1949 — Premier aperçu sur l'étage du hêtre et les types de hêtraie en Haute-Ardenne - *Bull. Inst. agron. et Stat. Rech. Gembloux,* **17**, 76-100 ou : *Centre Rech. Ecol. et Phytosoc. Gembloux,* **Comm.** n° **10**.

PHILIPP, K. — 1931 — Forstliche Hilfstabellen - Karlsruhe.

PRODAN, M. — 1949 — Einige aktuelle Fragen über die Einführung von Plenterwaldbetriebsklassen - *Forstwiss. Centralbl.* **68**, 346-354.

PRODAN, M. — 1951 — Messung der Waldbestände - Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., 260 pp.

REGINSTER, P. — 1955 — La productivité stationnelle des hêtraies d'Ardenne - *Bull. Soc. Roy. For. Belg.* **62**, 1-8.

REICHLING, L. — 1951 — Les forêts du grès de Luxembourg - *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* **83**, 163-212.

RIGG, G. B. — 1929 — Using the vegetation cover as an aid in studying logged-off lands as forest sites - *Journ. For.* **27**, 539-545.

ROTH, F. — 1918 — Another word on site - *Journ. For.* **16**, 749-753.

SCHAEFFER, L. — 1944 — Les types de forêt de Cajander - *Rev. Eaux For.* **82**, 245-263.

SCHWAPPACH, A. — 1912 — Ertragstafeln der wichtigeren Holzarten - Neumann Verlag, Neudamm, 81 pp.

SHOW, S. B. — 1925 — Yield capacities of the pure yellow pine type on the east slope of the Sierra Nevada mountains in California - *Journ. agr. Res.* **31**, 1121-1135.

SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS — 1917 — Report of the Committee of the Society of American Foresters on forest terminology - *Journ. For.* **15**, 68-101.

SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS — 1923 — Classification of forest sites - *Journ. For.* **21**, 139-147.

SPEETH, J. — 1950 — Corrélation entre la croissance de l'épicéa et quelques types de station en ce qui concerne les plateaux des environs de Lorcé - Inst. agron. Gembloux, question spéciale annexée au travail de fin d'études, 27 pp.

STOECKELER, J. H. — 1948 — The growth of Quaking Aspen as affected by soil properties and fire - *Journ. For.* **46**, 727-737.

TAMM, O. et WADMAN, E. — 1945 — Sur les facteurs stationnels et leur corrélation avec les conditions forestières dans le district de Hamra. (Texte suédois) - *Svenska Skogs. Tidskr., Bihang,* **2**, 79 pp.

TARRANT, R. F. — 1949 — Douglas-Fir site quality and soil fertility - *Journ. For.* **47**, 716-720.

TARRANT, R. F. — 1950 — A relation between topography and Douglas-Fir site quality - *Journ. For.* **48**, 723-724.

VIRO, P. J. — 1947 — La composition granulométrique et la fertilité des sols forestiers, en considérant principalement la pierrosité. (Texte finlandais) - *Commun. Inst. For. Fenn.* **35**, p. 115.

WATSON, R. — 1917 — Site determination, classification and application - *Journ. For.* **15**, 552-563.

WIEDEMANN, E. — 1932 — Die Rotbuche - *Mitt. aus Forstwirt. u. Forstwiss.* 1932.

WIEDEMANN, E. — 1936 — Ueber die Vereinfachung der Höhenermittlung bei den Vorratsaufnahmen - *Mitt. aus Forstwirt. u. Forstwiss.* **4**, 387-412.

WIEDEMANN, E. — 1949 — Ertragstafeln der wichtigsten Holzarten - Schaper, Hannover.

WIEDEMANN, E. — 1950-51 — Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft - Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M., 346 pp.

YOUNGBERG, C. T. et SCHOLZ, H. F. — 1949 — Relation of soil fertility and rate of growth of mixed oak stands in the Driftless area of Southwestern Wisconsin - *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* **14**, 331-332.

RESUME DE LA PREMIERE PARTIE

Les *méthodes directes* d'estimation de la productivité envisagent sans intermédiaire la croissance en volume des peuplements. Sur cette base, la méthode allemande des classes de productivité permet de distinguer cinq classes, de fertilité décroissante de I à V, dont les tables de productivité donnent les caractéristiques normales aux différents âges. On a souvent reproché à cette méthode de ne s'appliquer qu'à des peuplements purs, équiennes et normalement denses ; mais, quelque peu modifiée, elle reste le fondement, non seulement des études de productivité, mais aussi de la gestion raisonnée des forêts.

Dans les futaies jardinées, l'estimation de la fertilité se fait directement en fonction de l'accroissement annuel (ou moyen périodique) en volume.

Les *méthodes indirectes* considèrent des critères quelconques à partir desquels il est possible de définir la productivité, soit à l'aide de formules, soit en se rapportant à des tables de productivité. Les critères étudiés peuvent être groupés en trois catégories : caractéristiques quantitatives du peuplement, composition floristique de la station, facteurs écologiques.

Parmi les *caractéristiques du peuplement*, seule la hauteur totale s'avère être un critère de station applicable d'une manière générale, soit sous la forme de la hauteur moyenne pondérée par la surface terrière (moyenne de Lorey), soit sous la forme de l'indice de station (hauteur moyenne des dominants et codominants à un âge de réfé-

rence), soit sous une autre forme éliminant également l'intervention des dominés dans la caractérisation de la fertilité. Par une relation exponentielle liant le volume produit à la hauteur atteinte, indépendamment de l'âge, de la qualité de la station et du traitement, il semble possible d'estimer la production totale du peuplement. L'étude de la hauteur permet aussi d'établir la liaison entre les caractéristiques théoriques des tables de productivité et celles, réelles, des peuplements.

En fonction de la *composition floristique de la station,* du sous-bois en particulier, il est possible de distinguer différents types, pour chacun desquels on estime la productivité moyenne. Le système des types forestiers de Cajander est le plus connu, mais il semble peu applicable en dehors de la forêt boréale, pour laquelle il a été conçu. D'autres définitions de groupements végétaux sont utilisables pour caractériser la productivité des forêts tempérées.

L'expérience montre que certains *facteurs écologiques,* considérés comme limitants au sens de la loi du minimum, sont en relation étroite avec la fertilité. Parmi eux, l'alimentation en eau constitue généralement le meilleur critère de station : elle dépend notamment du climat (pluviosité et évaporation), de la topographie (exposition et conditions de drainage) et des propriétés physiques du sol (texture, structure, etc.). Ces divers éléments, considérés individuellement ou en groupe, peuvent être utilisés comme critère de fertilité : par l'intermédiaire de coefficients de corrélation et de formules de régression, on estime ainsi la productivité d'une station à partir des résultats d'un petit nombre de déterminations qui y ont été effectuées.

Ces deux derniers groupes de méthodes rendent possible l'estimation de la fertilité d'un terrain à boiser ou récemment boisé, en l'absence d'arbres susceptibles d'être mesurés, et même, pour le dernier groupe, en l'absence de la végétation forestière caractéristique.

Lors de la comparaison des différents critères de station, il faut tenir compte du but poursuivi, notamment de la surface considérée et de la distinction entre productivité actuelle et productivité potentielle.

EN BELGIQUE, peu de travaux ont été consacrés à l'étude de la fertilité des peuplements forestiers. Pour déterminer la productivité des hêtraies d'Ardenne, seule une méthode basée sur l'étude de la hauteur paraît applicable et rendra possible l'utilisation de tables de productivité établies dans les pays voisins.